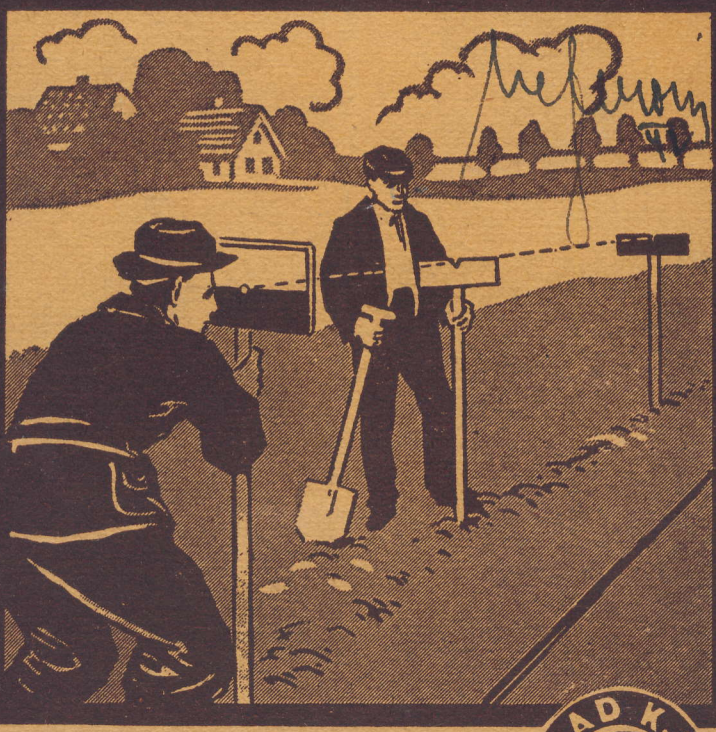
MJERENJE I NIVELIRANJE

BEZ MJERAĆIH SPRAVA



PRAKTIČNO ZNANJE

RAD K.D. R K.D. ZAGREB

13589

(Velimir Neferović)

(Velimir Neferović)

MJERENJE I NIVELIRANJE
BEZ MJERAĆIH SPRAVA

FRITZ HERTEL
GARTENARCHITEKT

PREVEO:
PROF. ING. B. Š.

42 SLIKE U TEKSTU

NAKLADA:
RAD K. D. ZAGREB,

PRAKTIČNO ZNANJE

MJERENJE I NIVELIRANJE BEZ MJERAĆIH SPRAVA.

SVEZAK 1.

HRVATSKI TISKARSKI ZAVOD D. D., ZAGREB

(Velimir Neferović)

UVOD

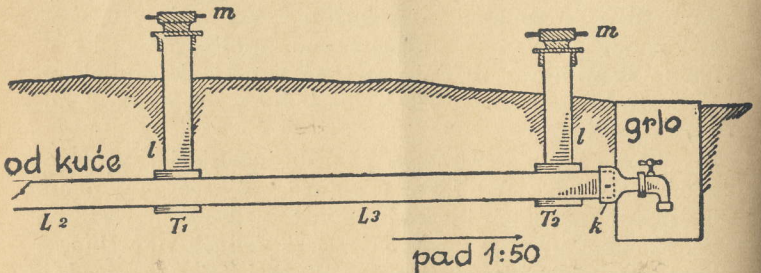
Još se dobro sjećam, kada smo kao djeca, vodeći za ruku maloga brata ili sestricu, polazili na livadu, gdje su inženjeri, koje su onda nazivali »mjernicima« ili »geometrima«, vršili izmjere i radove, da našem malom potoku u kome je voda tromo tekla s nebrojenim zavojima i zaokretima, dadu novi pravilni tok. S mnogo strahopočitanja i sa stanovitim strahom promatrali smo čovjeka, koji je stajao uz svoj stroj s dalekozorom. Njegovi pomoćnici nosili su štapove, obojadisane crveno-bijelim prugama, ili velike i duge šarolike letve s nekim čudnim znakovima, i prolazili različitim mjestima, kamo je nama bio zabranjen pristup, pa smo im zavidali. Kako smo se radovali tim crveno-bijelo prugastim letvama i crveno-bijelim zastavicama na daleko postavljenim motkama, koje su veselo lepršale na vjetru. Jezik kojim su oni govorili, bio nam je posve stran i nepoznat. Oni su govorili o »manualu«, »teodolitu«, »viziranju«, o »trasirkama«, »libelama«, »nivelmanu«, »poligonima« i t. d. Nama se njihov rad činio strašno težak i kompliciran. Ovo strahopočitanje postoji još i danas, čak i kod odraslih ljudi.

Samo je po sebi razumljivo, da inženjeri (kulturno-geodetski inženjeri) izvode radove, gdje se radi o određivanju granica, ili kod velikih radova na velikim prostorima, gdje se radi o izmjeri velikih površina, o komasacijama, izgradnji cesta ili željeznica, o gradnji velikih zgrada ili diobi zemljišnih posjeda na manje dijelove i t. d., dakle gdje se radi na takvim radovima gdje su potrebni vrlo točni računi, a koji radovi su pretežno namijenjeni javnim svrhama. U svim će takvim slučajevima obavljati sve radove stručnjaci inženjeri.

Ima mnogo malih radova u dvorištu, u vrtu ili na polju, kod kojih je potrebno izvesti stanovita mjerenja, a gdje se ne radi o nekoj osobitoj točnosti, gdje se ne radi baš o svakom centimetru. Te si radove može svatko izvesti i sâm, vrlo lako i bez sprava za mjerenje, ako shvati osnovne principe mjerenja površinâ i mjerenja visinskih razlika.

Na primjer porezni ured želi znati koliko kvadratnih metara posjeda, odnosno zemljišta otpada na dvorište, na gospodarske puteve ili ceste, na vrt, na obradivo tlo, na livade i pašnjake i t. d. Budući da ove izmjere služe kao podloga za odmjeru poreza, a visina pojedinih poreza na stanovite kulture tla može biti vrlo različita, poželjno je da te izmjere budu po mogućnosti što točnije.

Ili drugi slučaj: jedan posjed ili zemljište je uzeto u zakup. Za zakupnika je vrlo važno, da takvo zemljište izmjeri i ustanovi, da li ta izmjerena površina odgovara onoj površini, koju je on preuzeo u zakup i koja je na-

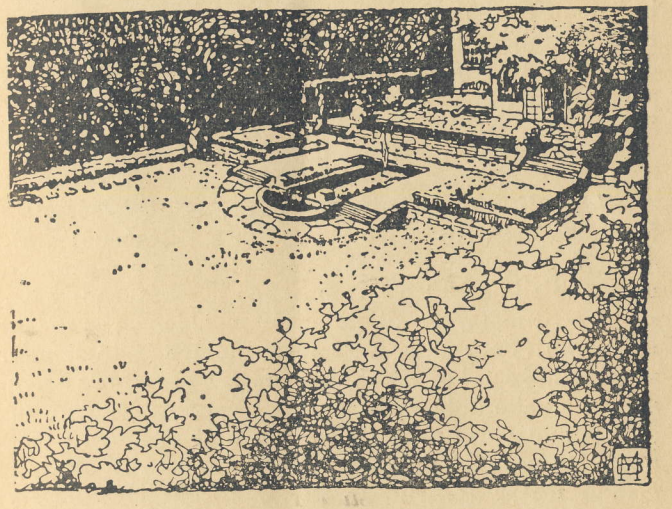


Slika 1.

vedena u zakupničkom ugovoru. Može se dogoditi, da je zemljište u naravi manje nego u zakupničkom ugovoru. Ne mora zato odmah postojati namjera prevare sa

strane onoga, koji daje svoje zemljište u zakup. Može se dogoditi, da je prije nekoliko godina jedan dio zemljišta odijeljen i prodan, a to da slučajno nije provedeno u starom zakupnom ugovoru; kod sastava novoga zakupnog ugovora uzeta je površina zemljišta iz staroga ugovora i tako učinjena nehotična pogrješka.

Važna je izmjera pojedinih dijelova zemljišta, kako bi se moglo izračunati na pr. potrebu gnojiva ili vapna, ili na pr. izraditi sasma novu gospodarsku osnovu ili opet na pr. pripremiti sve potrebne radove za novi voćnjak.



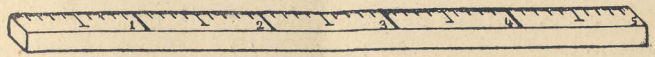
Slika 2.

Mjerenje visinskih razlika je potrebno kada se izvodi novi odvodni jarak, kako bi se moglo izvesti od-

ređeni pad jarka, ili kod popravaka starih jaraka, ili kod vodovoda (sl. 1.) odnosno kod odvodnih kanalizacionih cijevi, drenaža i t. d. Isto takva izmjera je potrebna kada želimo postaviti točno vodoravno: pod od uzgajališta sadnica, suša, podruma i t. d.; kada želimo odrediti crtu obale umjetnog jezera ili malog bazena, ili kada nacrt vrta prenašamo na samo zemljište. Promotrimo na pr. sliku 2., onda vidimo, da prijelaz iz kuće u vrt ide preko dviju malih terasa, a u drugoj terasi je osim toga mali bazen za vodu. Ovaj, na oko težki zadatak, moći ćemo lako riješiti, kada proučimo ovu knjižicu. Kod toga se ne ćemo baviti i nepotrebno opterećivati teorijom. Tko se želi pozabaviti i naučnim dijelom u tom području, neka najprije prouči »Uvod u geometriju«.

OSNOVNI POJMOVI

Temelj svakoga mjerenja je m e t a r (skraćeno: *m*). Metar se dijeli u 10 d e c i m e t a r a (skraćeno: *dm*), a svaki decimetar u 10 c e n t i m e t a r a. Prema tome se metar dijeli u 100 c e n t i m e t a r a (skraćeno: *cm*), a svaki centimetar se dijeli na 10 m i l i m e t a r a (skraćeno: *mm*). Štap na koji su nanesene ove jedinice mjera, zovemo m j e r i l o. Za obične izmjere služimo se običnim metrima kako dolaze u promet u trgovini; redovno su to drveni metri dužine 1 *m* ili 2 *m*, koji se mogu sklapati u mali oblik. U novije se vrijeme često upotrebljava čelični metar (obično dužine 2 *m*), koji se navija u klupko u posebnu okruglu spremicu. Još se upotrebljava m j e r a ć a l e t v a dužine 4 *m* ili 5 *m* (slika 3.) ili platnena odnosno čelična mjeraća vrpca dužine 10, 20 i više metara.



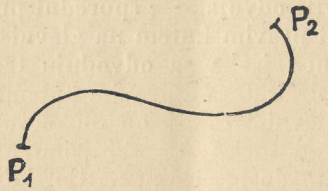
Slika 3.

Slika 4.

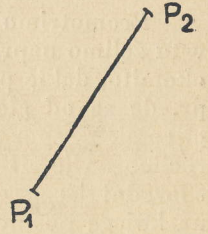
Točke koje mjerimo na zemljištu, označujemo malim k o l č i ć i m a, od kojih vrhove premažemo crvenom bojom.

Kod mjerenja se služimo t r a s i r k a m a (slika 4.); to su ravni okrugli ili trokutasti štapovi, dužine 2 *m*, koji su bojadisani crveno-bijelim prugama, a na donjem kraju su provideni željeznim šiljkom. Za naše jednostavne izmjere mogu nam poslužiti i ravne letve ili ravni kolci, čak i ravna držala gospodarskog oruđa. Ako se dobro ne raspoznavaju na zemljištu, ako imaju označivati neku stanovitu točku, ili ako su jako udaljene, onda im na vrh stavljamo komad platna ili papira kao zastavicu.

Sada nešto geometrije. Najkraći spoj između dviju točaka je r a v n a c r t a, koju nazivamo i »pravac« (vidi sliku 5. i 6.).

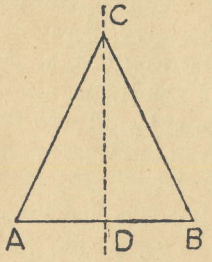


Slika 5.

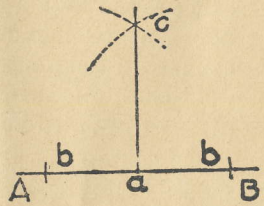


Slika 6.

Slika 7. nam pokazuje, da je najkraća spojna crta između točke *C* (izvan pravca *AB*) i samoga pravca *AB* takav pravac, koji polazi iz točke *C* i siječe pravac *AB* tako, da u presjecištu nastaju p r a v i k u t e v i (pravi kut je kut od 90°). U tom slučaju velimo da pravac iz točke *C* stoji okomito na *AB*. Spojnica *CD* je kraća od spojnice *CA* i od spojnice *CB*. S tim pravim kutem ćemo se pozabaviti malo pobliže. Cijelu našu izmjeru površina osnivamo na mjerenju pravaca i određivanju pravih kuteva na te pravce. Određivanje drugih kuteva je u prirodi težko; prave kuteve možemo odrediti na nekoliko načina vrlo brzo i pouzdano.



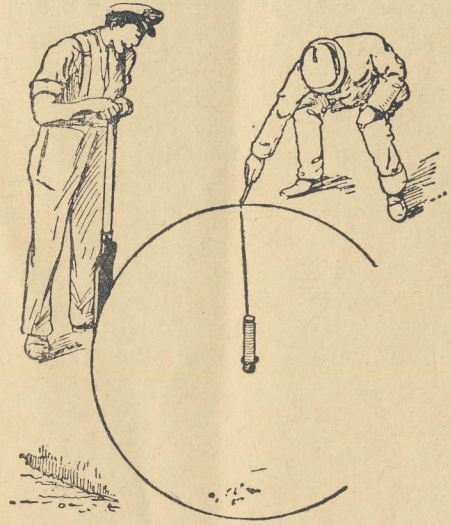
Slika 7.



Slika 8.

Promotrimo najprije slučaj, da od glavnog puta u vrtu želimo napraviti odvojak — sporedni put, koji ide okomito, dakle pod pravim kutem na glavni put; ili na pr. da se od glavnog jarka za odvodnju treba izvesti odvojak — sporedni jarak pod pravim kutem. U slici 8. recimo da je *AB* glavni jarak, a od točke »*a*« treba ići sporedni jarak. Kod točke »*a*« zabijemo mali kolčić, na kojega postavimo dosta široku petlju, koju smo napravili na kraju uzice. Na drugom kraju uzice je također

napravljena dosta široka petlja, kroz koju provučemo mali kolčić, koji držimo u ruci. Napnemo li uzicu i pomičemo kolčić po zemlji tako, da je uzica uvijek isto napeta, onda će nam kolčić crtati na zemlji kružnicu.



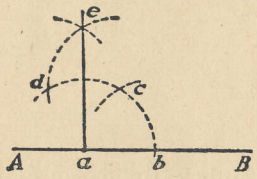
Slika 9.

Ako su petlje dosta široke, onda se uzica ne će namatati ni na jednom ni na drugom kolčiću; uzica će dakle ostati uvijek isto dugačka. Uz malo spretnosti bit će kružnica posve točna. Točka »*a*« je s r e d i š t e k r u ž n i c e.

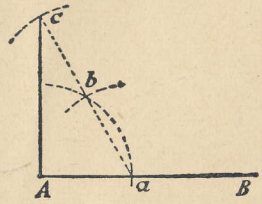
Ta kružnica siječe pravac glavnog jarka *AB* (sl. 8.) u točkama *b* i *b*. U te točke »*b*« i »*b*« zabijemo male kolčiće; svaku točku »*b*« smatramo sada kao središte

kružnice, oko koje opišemo kružnice na posve isti način, kako je prije opisano. Te dvije nove kružnice sijeku se u točki »*c*« (slika 8.). Spojimo li točku *c* s točkom *a*, onda ta spojnica stoji okomito na pravac *AB* (pod pravim kutem). Za ovaj rad, koji smo obavili, obično kažemo, da smo iz točke *c* spustili okomicu na pravac *AB*. Ta okomica pogađa pravac *AB* u točki *a*.

Ako na pravcu *AB* nije moguće označiti lijevu točku *b*, onda si možemo pomoći na ovaj način (sl. 10.): oko točke *a* opišemo kružnicu (kako je prije opisano), koja siječe pravac *AB* u točki *b*. Tu zabijemo kolčić i oko središta *b* opišemo kružnicu, koja siječe prvu kružnicu u točki *c*. Tu zabijemo kolčić i oko središta *c* opišemo kružnicu, koja siječe onu prvu kružnicu u točki *d*. Tu zabijemo kolčić i opišemo kružnicu oko središta *d*, koja siječe onu kružnicu oko središta *c* u točki *e*. Spojnica točke *e* i *a* stoji okomito na pravac *AB*.



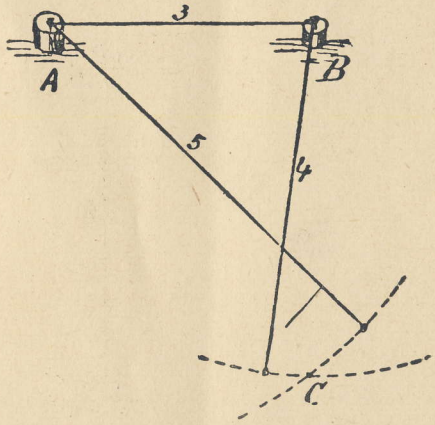
Slika 10.



Slika 11.

Okomicu na pravac *AB* možemo postaviti i neposredno u točki *A* (slika 11.). Takav će slučaj nastati, ako je ta točka na pr. ugao zemljišta ili ako točka *A* ima biti ugao ograde. Tu postupamo ovako: u točki *A* zabijemo kolčić i opišemo kružnicu oko središta *A*, koja siječe pravac *AB* u točki *a*. Tu zabijemo kolčić i opišemo oko središta *a* kružnicu, koja siječe onu prvu kružnicu u točki *b*. Sada spojimo točku *a* i *b* i tu spojnicu produžimo preko točke *b* (na pr. tako, da preko točke *a* i *b* napnemo dugačku uzicu, koju na produženom kraju učvrstimo kolčićem u zemlju). Na toj spojnici odmjerimo od točke *b* do točke *c* istu dužinu kao od *a* do *b*. To možemo izvesti i tako, da u točki *b* zabijemo kolčić i opišemo kružnicu oko središta *b*. Ta nam kružnica siječe produženu spojnicu točaka *a* i *b* u točki *c*. Spojimo točku *c* i *A*, onda ta spojnica stoji okomito na pravac *AB*.

Kod svih ovih radova moramo paziti, da se kod prenošenja uzica ne skrati ili ne produži, jer nam inače rezultat ne će biti točan.

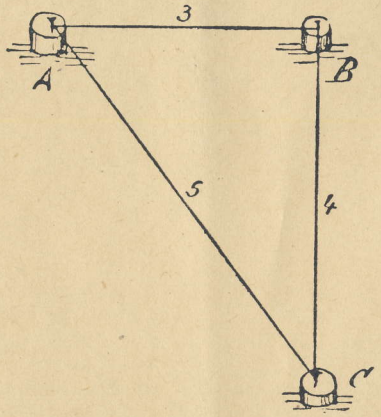


Slika 12.

Kod opisivanja ovih kružnica nije potrebno nacrtati cijelu kružnicu, nego samo jedan dio, koji nam je potreban za konstrukciju, kako se to vidi iz slike 8., 10. i 11.

Daljnji postupak za određivanje pravoga kuta ili za spuštanje okomice (često kažemo i dizanje okomice) poznat već mnogo stoljeća, je ovaj: trokut od kojega je najmanja stranica duga 3 jedinice (na pr. 3 *m*), jedna stranica 4 jedinice, a najduža stranica 5 jedinica, zatvara između stranice s 3 jedinice i stranice sa 4 jedinice pravi kut.

Na glavnom pravcu *AB*, na koji treba dignuti okomicu, odmjerimo 3 jedinice (na pr. 3 *m* ili 6 *m*, t. j. 3×2 *m*, ili bilo kakve 3 jednake dužine). U te dvije krajnje točke dužine od 3 jedinice zabijemo kolčiće *A* i *B*, kako su označeni na slici 12. Ako u točki *B* treba prenesti pravi kut (dignuti okomicu), onda na kolčić *B*

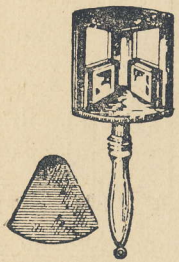


Slika 13.

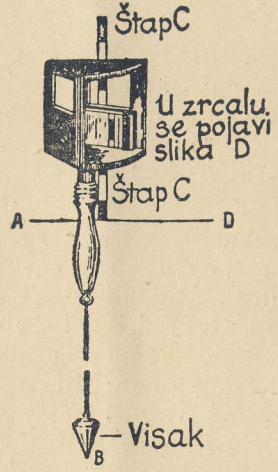
nataknemo petlju 4 *m* duge uzice i opišemo kružnicu (ili samo jedan dio kružnice, koji zovemo l u k, na onom dijelu gdje mislimo, da će doći točka, koja stoji u okomitom pravcu na *B*). Na kolčić *A* nataknemo petlju 5 *m* duge uzice i opišemo opet dio kružnice (luk). Te dvije kružnice sijeku se u točki *C*, koja je treći vrh trokuta. Spojnica *CB* stoji okomito na prvobitni zadani pravac *AB* u točki *B* (kod točke *B* je pravi kut). Konačni rezultat je prikazan u slici 13.

Pomoću trokuta 3-4-5 možemo tražiti i točku, u kojoj pravac iz točke *C* siječe osnovni zadani pravac *AB* pod pravim kutem, dakle točku *B* u slici 13. U tom slučaju trebamo za taj rad četiri osobe. Tri osobe drže, svaka po jedan štap; štapovi su međusobno spojeni uzicama. Uzica od I do II mora biti duga 3 *m*, od II do III duga 4 *m*, a uzica od III do I mora biti duga 5 *m*. Osobe koje drže štap I i II, pomiču svoje štapove točno po osnovnom pravcu na koji dižemo okomicu, a koji smo na zemljištu označili pomoću napete uzice; osoba sa štapom III drži svoj štap uvijek tako, da je uzica prema štapu I i prema štapu II uvijek dobro napeta. Štap I i štap II moraju se dakako isto tako držati, da je uzica među njima dobro napeta. Četvrta osoba polazi sada kratkim koracima na stranu, tako da gleda od štapa II na štap III. Četvrta osoba upravlja radom i određuje da se ona trojica tako dugo pomiču, dok se gore u crti od II prema III ne pokaže točka *C*. U tom času izdaje zapovijed »stoj«. Sada se još sve točno izravna. Tražena točka (presjecište) nalazi se onda kod štapa II. Postupak je ponešto nezgodan, ali je to jedina mogućnost, da dignemo okomicu na zadani pravac bez posebnih pomoćnih sprava ili pomagala.

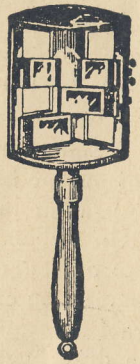
Ako moramo određivati na zemljištu mnogo pravih kuteva, onda ćemo si nabaviti k u t n o z r c a l o.



Slika 14.



Slika 15.



Slika 16.

Slika 14. pokazuje jednostavno kutno zrcalo; lijevo dolje (sa strane) je pogled odozgo na takvo kutno zrcalo. Kutno zrcalo sastoji se od male kućice koja ima dvije stijenke. S unutarnje strane je na svakoj stijenki, na donjem dijelu, po jedno malo zrcalo. Na gornjem su dijelu, iznad zrcala, u stijenkama pravokutni prozorčići (otvori). S donje strane kućice pričvršćen je držak, koji ima na svom donjem kraju malu kariku. Kroz kariku se provuče uzica, koja ima na donjem kraju v i s a k. Pomoću tog viska možemo držati kutno zrcalo točno uspravno. Provučeni kraj uzice pridržavamo prstom uz držak, tako da možemo uzicu ispustiti kada to bude potrebno.

Ostat ćemo kod našega posljednjeg primjera, t. j. iz točke *C* treba spustiti okomicu na osnovni pravac *AD*.

U točku *C* treba zabosti trasirku, a isto tako i u točku *D* na pravcu *AD*. Kutno zrcalo držimo točno iznad uzice, koja na zemljištu označuje osnovni pravac *AD* (sl. 15.), na koji treba spustiti okomicu iz točke *C*, i to tako, da kroz prozorčiće vidimo štap u točki *C*, a u zrcalu ispod toga pokazat će se slika štapa u krajnjoj točki *D* osnovnog pravca (slika 15.). Sada se pomičemo tako dugo uzduž osnovne crte *AD*, dok slika štapa u točki *D* ne bude u istom pravcu sa štapom *C*, kojega vidimo kroz prozorčice (dok se slika štapa *D* ne pokriva sa štapom *C*, kojega vidimo kroz prozorčice). Kada nam se slike štapova pokrivaju, ispustimo uzicu (popustimo prst, kojim smo uzicu držali uz držak kutnog zrcala), a visak će povući uzicu kroz kariku i pasti na zemlju. Šiljak viska zabost će se u zemlju kraj uzice, koja označuje na zemljištu osnovni pravac *AD*. Šiljak viska nam pokazuje traženu točku *B*, t. j. spojnica *CB* stoji okomito na osnovni pravac *AD*. Težkoća je samo u tome, da visak, a s njim u vezi i kutno zrcalo, budu u v i j e k p o s v e t o č n o o k o m i t o i z n a d o s n o v n o g p r a v c a *AD*. Posao si možemo olakšati, ako uzmemo pomoćnika, koji će se postaviti iza točke *A*, gledati prema točki *D*, dakle u smjeru osnovnog pravca *AD*, i paziti da li nam je visak točno iznad crte *AD*. Pomoćnik će nas upozoravati, da li kutno zrcalo držimo preblizu sebe ili opet predaleko, dakle preblizu prema točki *C*. Kada nam je visak točno iznad osnovne crte *AD*, on će nam reći »stoj«.

Ova težkoća kod rada odpada, ako upotrijebimo d v o s t r u k o k u t n o z r c a l o. Ono se razlikuje, kako to pokazuje slika 16., od običnog kutnog zrcala, što ima ispod prije opisanih dvaju zrcala još dva zrcala, po jedno na svakoj stijenki kućice, koja su tako smještena, da jedno zrcalo malo prekriva drugo zrcalo. Zrcala za-

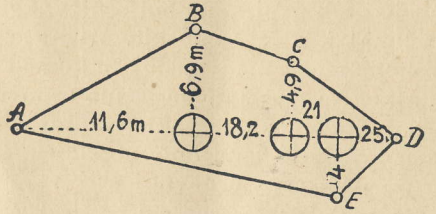
tvaraju pravi kut. Držak ima na donjem kraju kariku, kroz koju se provuče uzica viska (isto kao i kod jednostavnog kutnog zrcala).

Postupak rada je ovaj: najprije držimo kutno zrcalo kao u slici 16. U najdonjem zrcalu vidimo štap u točki *D*, u zrcalu iznad toga štap u točki *A;* sada se pomičemo tako dugo, dok se slike štapova *D* i *A* pokrivaju, t. j. dok zajedno tvore jednu vertikalnu crtu. Onda se nalaze u jednom pravcu: točka *A*, kutno zrcalo i točka *D*, a to znači da je visak, odnosno kutno zrcalo točno iznad pravca *AD*. Sada oprezno okrećemo kutno zrcalo, tako da dođe u položaj, kako je označen u slici 15., i tražimo, kako je to opisano kod jednostavnog kutnog zrcala, da se u gornjem zrcalu i otvoru pokrivaju slike štapova u točki *C* i *D*. Kada smo to uredili, okrenemo ponovno kutno zrcalo u prvašnji položaj i ispitamo da li je još slika štapa *D* ispod štapa *A*. Ovo okretanje zrcala ponavljamo tako dugo, dok se u gornjim i donjim zrcalima pokrivaju slike štapova. Onda ispustimo uzicu viska, koji nam na zemlji označi točku *C*.

Prema ovom opisu bi se moglo pomisliti, da je postupak nezgodan i dugotrajan, ali uz malo spretnosti je rad mnogo brži nego se to može opisati. Zgodno je raditi samo s dvostrukim kutnim zrcalom. U tom slučaju ne moramo na zemljištu označiti osnovni pravac *AD* pomoću uzice. Uzica se naime kod rada dosta često ošteti od viska, koji pada na zemlju. Ne trebamo niti pomoćnika, koji stoji kod točke *A* i ispituje, da li je visak točno iznad pravca *AD;* na taj način ne može nastati pogrješka, koju bi mogao uzrokovati pomoćnik netočnim gledanjem.

MJERENJE, IZRAČUNAVANJE I CRTANJE PLOHE.

Nakon što smo naučili osnovne pojmove, polazimo na praktičan rad na zemljištu, ili kako to obično stručno velimo »rad na terenu«. Zemljište *A-B-C-D-E* (slika 17.) treba izmjeriti, izračunati površinu i nacrtati (mi kažemo: zemljište treba »snimiti«).



Slika 17.

Zemljište ima oblik nepravilnog peterokuta. U svaki vrh toga lika, dakle u svaki ugao na zemljištu, zabodemo trasirku. Kao osnovnu crtu naše izmjere odaberemo spojnicu *A-D*, jer je ona najduža i na nju možemo spustiti okomice iz svih ostalih točaka *B*, *C* i *E*. Na trasirke u točkama *A* i *D* postavimo male zastavice od platna ili papira, da označimo da je to osnovna crta. Sada uzmemo kutno zrcalo i postavimo se od prilike na pravac *AD:* otvorenu stranu kutnog zrcala okrenemo prema *D*, a iz točke *B* spuštamo okomicu na pravac *AD*, prema opisu u prijašnjem poglavlju. Ako je trasirka u točki *B* iznad trasirke u točki *D*, t. j. ako nam slika trasirke u zrcalu pada u isti pravac s trasirkom u drugoj točki, spustimo uzicu viska, koja nam označi tu točku na zemljištu. Tu zabijemo kolčić. Ta točka je označena u slici 17. s križićem, oko kojega je opisana kružnica. U slici vidimo

tri takve kružnice s križićima, koje odgovaraju okomicama spuštenim iz točke *B*, *C* i *E*. U našim daljnjim razlaganjima označit ćemo ih po redu s *I*, *II* i *III*.

Izmjerimo dužinu *A-I* i dobivamo, u ovom primjeru 11,6 *m;* dakle *A-I* = 11,6 *m*. Izmjerimo dužinu *B-I* = 6,9 *m*. Kako ćemo napisati te brojke? Nacrtamo najprije »p r i r u č n u s k i c u« zemljišta koje mjerimo. Za to uzmemo arak papira, najbolje t. zv. karirani papir (s kvadratićima) kao iz računskih pisanaka. Kao podloga za pisanje može nam poslužiti komad čvrste ljepenke ili daske. Na taj papir narišemo osnovnu crtu *AD*. Ako na pr. računamo, da svaki kvadratić znači 1 *m*, onda od točke *A*, koju označimo na papiru kao početak, odbrojimo po nacrtanoj osnovnoj crti 11½ kvadratića, i označimo tako dobivenu točku s *I*. U prostoru između *A* i *I* napišemo brojku 11,6 *m*. Iza toga odbrojimo od točke *I* prema gore 7 kvadratića, i označimo tako dobivenu krajnju točku s *B;* između *I* i *B* upišemo izmjerenu dužinu, t. j. brojku 6,9 *m*. Spojimo li *A* i *B* ravnom crtom, dobivamo prvu stranicu zemljišta.

Sada polazimo dalje. Pomoću kutnog zrcala spustimo okomicu iz točke *C* na osnovnu crtu *AD* i viskom označimo točku *II* na zemljištu, gdje zabijemo kolčić. Izmjerimo dužinu od *A* do *II* na osnovnoj crti. Ovdje treba posebno istaknuti, da m j e r i m o o d t o č k e *A* d o t o č k e *II*, isto kako smo to učinili i kod točke *I*. Dakle n e m j e r i m o dužinu od točke *I* do točke *II*, nego uvijek, u svakom slučaju, o d p o č e t n e t o č k e *A*, na novo c i j e l u d u ž i n u d o o d g o v a r a j u ć e t o č k e. Na taj način ćemo isključiti možebitne pogrješke. Da smo na pr. mjerili dužinu od točke *I* do točke *II* i kod te izmjere učinili pogrješku, onda bi sve

daljnje mjere bile pogrješno i izmjerene i nacrtane, dakle i točka *III* i *D*. Ako pak mjerimo dužinu za svaku točku, uvijek od početne točke *A*, onda smo odredili mjere za svaku točku posebno i samostalno. I tu se može dogoditi da učinimo pogrješku, ali se ta pogrješka onda odnosi samo na tu jednu točku, a ne prenosi nam se dalje, pa pogrješku lakše nađemo. Izmjerimo dakle dužinu *A-II* = 18,2 *m* i dužinu *II-C* = 4,9 *m*. Oznaku za dužinu *A-II* upišemo u priručnu skicu između točke *I* i *II*, a za dužinu *II-C* između točke *II* i *C*. Sada možemo spojiti točku *B* i *C* pa dobivamo drugu stranicu zemljišta.

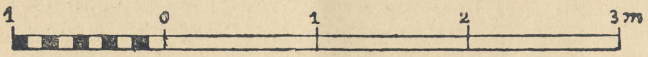
Kutnim zrcalom odredimo na zemljištu točku *III*, ako spustimo okomicu iz točke *E* na osnovnu crtu *AD*. Postupak je isti kao i prije. Izmjerimo dužinu *A-III* = 21,0 *m* (dakle opet o d p o č e t n e t o č k e *A* d o t o č k e *III*) i upišemo ju u nacrt između točke *II* i *III*. Izmjerimo dužinu *III-E* = 4,0 *m* i upišemo u skicu između točke *III* i *E*.

Konačno izmjerimo dužinu *A - D* = 25,0 *m*, dakle opet od početne točke *A*, i upišemo tu izmjeru u skicu između točke *III* i točke *D*. Na taj smo način odredili sve vrhove zadanog zemljišta. Spojimo točke *C-D*, *D-E* i *E-A*, pa imamo nacrtano cijelo zemljište (cijeli peterokut).

Ako trebamo samo p o v r š i n u z e m l j i š t a, onda ju možemo već izračunati na temelju skice i izmjera. Ako pak trebamo nacrt zemljišta, jer se na pr. želi na zemljištu nešto graditi ili se želi provesti kakva druga osnova na zemljištu, onda trebamo izraditi t o č a n n a c r t.

Uzmimo, da naše zemljište iz slike 17. moramo nacrtati na papir veličine 60 × 50 *cm*. Zemljište je dugo

25,0 *m*, a široko 10,9 *m*. Budući da na slici želimo imati na lijevoj i na desnoj strani rub od 5 *cm* širine, onda naših 25,0 *m* u naravi ne smije na slici biti veće od 50 *cm*. 25 *m* je $25 \times 100 = 2500$ *cm*. Mi dakle računamo $2500 : 50 = 50$. Prema tome će biti mjerilo u kome ćemo risati nacrt zemljišta 1 : 50, a to znači, da će 1 *m* u naravi biti na papiru (na nacrtu) velik 2 *cm*. Sada nacrtamo na donjem kraju papira mjerilo, kako



Slika 18.

je prikazano u slici 18. Od točke, koju označimo s 0, prenašamo na desnu stranu pune metre (dakle dužine po 2 *cm*), a na lijevo od ove 0-točke prenesemo samo jedan metar, t. j. 2 *cm*, i tu dužinu razdijelimo na deset jednakih dijelova, svaki po 2 *mm*. Taj maleni dio od 2 *mm* na slici predočuje u naravi dužinu od 10 *cm*.

Sada nacrtamo najprije osnovnu crtu naše izmjere *A-D* i odaberemo točku *A* kao početak. Na toj crti odredimo najprije točku *I*. To ćemo izvesti tako, da dužinu od točke *A* do *I*, t. j. 11,6 *m* (koju smo izmjerili u naravi i imamo ju označenu u priručnoj skici) šestilom odmjerimo na našem mjerilu; jedan šiljak šestila zabodemo, na desnoj strani mjerila, na crtici, koja označuje 11 *m*, a drugi šiljak dolazi, na lijevoj strani, preko nul-točke do 0,6. Tako smo šestilom odmjerili dužinu 11,6 *m* na našem mjerilu. Ovu dužinu prenesemo na osnovnu crtu *A-D* od točke *A*. Pomoću crtaćeg trokuta, koji ima pravi kut (zovemo ga pravokutni trokut), dignemo u točki *I* okomicu na osnovnu crtu *A-D*. Na tu okomicu prenesemo šestilom dužinu 6,9 *m* i opet u

našem mjerilu. Tako dobivamo točku *B*, koju već možemo spojiti s točkom *A*.

Istim načinom prenesemo po redu točke *II* i *III*, a na njihove okomice točke *C* i *E*, te konačno točku *D*. Tako ćemo dobiti nacrt, koji će imati izgled kao u sl. 17. Ovdje ćemo spomenuti, da je slika 17. risana u znatno manjem mjerilu, i to 1 : 500.

Sada pristupimo izračunavanju površine zemljišta. Osnovna crta *A-D*, koja nam je služila kod izmjere, i okomice iz pojedinih vrhova *B*, *C*, *E*, dijele zemljište (slika 17.) u pet dijelova:

a) trokut *A-I-B*
b) četverokut *B-I-II-C*
c) trokut *C-II-D*
d) trokut *A-III-E*
e) trokut *III-E-D*.

Svi trokuti su ovdje pravokutni, jer imaju uz osnovnu crtu *A-D* prave kuteve (spuštali smo okomice). Prema tome možemo naše okomice smatrati visinama trokuta. Površina trokuta se dobije tako, da se osnovka trokuta pomnoži s visinom, a taj umnožak razdijeli s 2. Na pr. u trokutu *A-I-B* je dužina *A-I* osnovka, a dužina *I-B* je visina trokuta. Prema tome ćemo pomnožiti *A-I* $\times$ *I-B* i taj umnožak razdijeliti s 2.

Četverokut *B-I-II-C* ima dvije uzporedne stranice; to su okomice *I-B* i *II-C*. Takav četverokut se zove trapez. Površina trapeza se izračuna tako, da se uzporedne stranice zbroje, taj zbroj se razdijeli s 2, a na kraju pomnoži s visinom trapeza. Visina trapeza je udaljenost uzporednih stranica. U ovom slučaju ćemo zbrojiti stranice *I-B* + *II-C*; taj zbroj razdijeliti s 2 i

tako dobiveni broj pomnožiti s visinom trapeza, t. j. stranicom $I\text{-}II = 18{,}2 - 11{,}6 = 6{,}6$ *m*.

Površinu našeg zemljišta dakle izračunamo ovako:

a) trokut $A\text{-}I\text{-}B = \dfrac{11{,}6 \times 6{,}9}{2} = 40{,}02\ m^2$

b) trapez $B\text{-}I\text{-}II\text{-}C = \dfrac{6{,}9 + 4{,}9}{2} \times (18{,}2 - 11{,}6) = \dfrac{11{,}8}{2} \times 6{,}6 = 38{,}94$ »

c) trokut $C\text{-}II\text{-}D = \dfrac{(25{,}0 - 18{,}2) \times 4{,}9}{2} = \dfrac{6{,}8 \times 4{,}9}{2} = 16{,}66$ »

d) trokut $A\text{-}III\text{-}E = \dfrac{21{,}0 \times 4{,}0}{2} = 42{,}00$ »

e) trokut $III\text{-}E\text{-}D = \dfrac{(25{,}0 - 21{,}0) \times 4{,}0}{2} = \dfrac{4{,}0 \times 4{,}0}{2} = 8{,}00$ »

$145{,}62\ m^2$

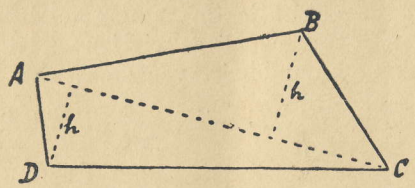
Budući da smo računali u metrima, dobili smo površinu zemljišta u kvadratnim metrima; zemljište ima površinu od 145,62 m^2.

Na opisani način možemo svako zemljište, koje ima oblik m n o g o k u t a, za izmjeru i računanje površina, razdijeliti u trokute i trapeze (u prijašnjem primjeru smo imali peterokut; drugo neko zemljište može imati oblik osmerokuta ili deseterokuta; zato velimo općenito: mnogokut).

Ima još nekoliko posebnih slučajeva. Ako imamo n e p r a v i l n i č e t v e r o k u t, u kome nema nijednoga pravog kuta, onda ga izmjerimo i izračunamo površinu ovako: dva suprotna vrha, na pr. *A* i *C* u slici 19., spojimo osnovnom crtom. Iz ostalih vrhova *B* i *D* spustimo okomice na osnovnu crtu. Osnovna crta *A-C* dijeli četverokut u dva trokuta, koji su nepravilni (to nisu

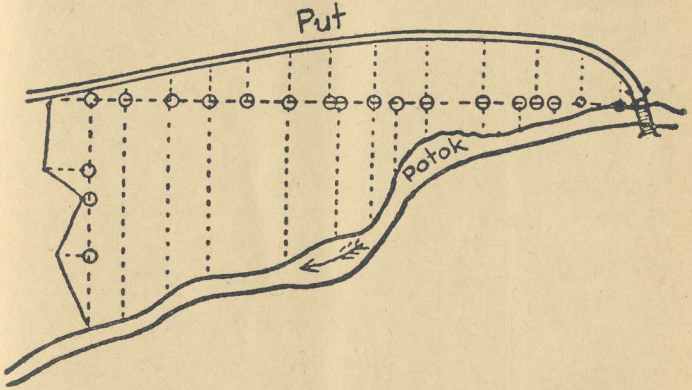
(Velimir Neferović)

pravokutni trokuti); o s n o v k a tih trokuta je osnovna crta, a visine trokuta su okomice spuštene iz vrhova *B* i *D* (u slici 19. su te visine označene slovom *h*).



Slika 19.

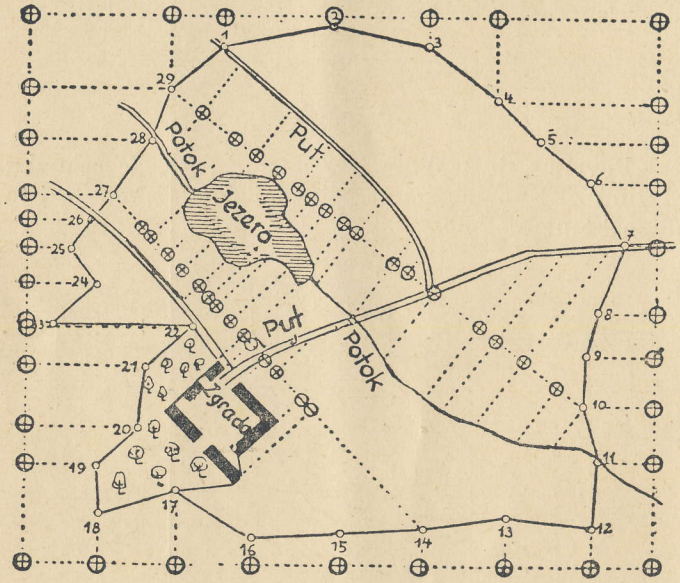
Površine tih trokuta izračunamo tako, da osnovku (dužinu *AC*) pomnožimo s pripadajućom visinom *h* i te umnožke podijelimo s 2.



Slika 20.

Zbrojimo li površine ovih trokuta, dobivamo površinu nepravilnog četverokuta.

Sada ćemo se pozabaviti s nekoliko posebnih zadataka izmjere. Treba izmjeriti livadu, koja leži (sl. 20.) između zakrivljene ceste i vijugavog potoka. U tom slučaju ćemo na zakrivljenim crtama odabrati po mogućnosti što više točaka, ali zakrivljenost između dviju točaka ne uzimamo u obzir, već smatramo kao da je



Slika 21.

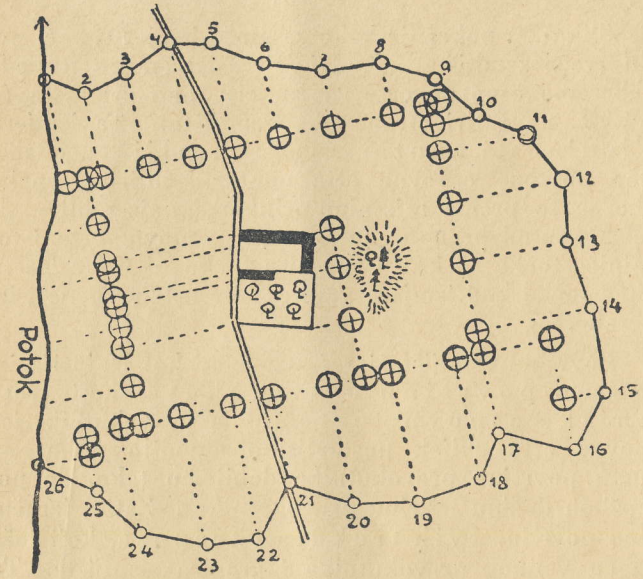
između dviju susjednih točaka ravna crta, a ne zakrivljena. Prema tome smo zakrivljenu crtu pretvorili u mnogokut. Što su točke odabrane bliže jedna drugoj, to će izmjera biti točnija.

Slika 21. pokazuje kako se može izmjeriti veći posjed (veće zemljište). Kod izmjere granica posjeda odaberemo osnovne crte za izmjeru, oko zemljišta (u slici 21. na četiri strane oko zemljišta). Za izmjeru pojedinosti unutar samoga zemljišta odaberemo posebne osnovne crte unutar zemljišta, onako kako je to prema mjesnim prilikama najzgodnije. U slici 21. su odabrane dvije unutarnje osnovne crte, i to: spojnica točke 10 i 29 i spojnica točke 14 i 27. Te su naime točke kod izmjere granica bile ustanovljene i izmjerene.

Površinu zemljišta izračunamo ovako: Najprije izračunamo površinu četverokuta, koji tvore vanjske osnovne crte (to je pravokutnik, jer osnovne crte uvijek postavljamo okomito jednu na drugu; površinu pravokutnika dobijemo tako, da pomnožimo dužinu i širinu pravokutnika). Zatim izračunamo površine svih trokuta i trapeza, koji leže između velikog pravokutnika i granica zemljišta. Te trokute i trapeze smo dobili kod izmjere granica zemljišta. Površine svih ovih trokuta i trapeza zbrojimo. Ako taj zbroj odbijemo od površine velikog pravokutnika, dobivamo površinu zemljišta.

Više puta možemo glavne osnovne crte izmjere postaviti unutar zemljišta, ali opet tako, da tvore pravokutnik (slika 22.).

Najprije izmjerimo granice zemljišta, t. j. sve točke na uglovima. Površinu zemljišta dobijemo tako, da izračunamo površinu velikog pravokutnika i površine svih trokuta i trapeza između pravokutnika i granice zemljišta, a koje smo odredili pri izmjeri granica. Ako sve

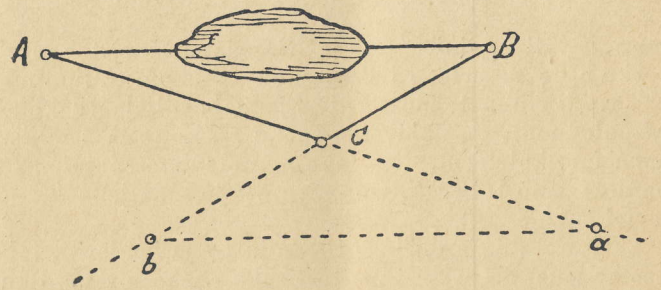


Slika 22.

ove površine **zbrojimo**, dobivamo površinu cijelog zemljišta.

Daljnji posebni slučaj može nastati, ako treba **izmjeriti dužinu** *A-B*, koja prolazi kroz močvaru, jezero ili bilo koju drugu zaprijeku, kako je to označeno u slici 23.

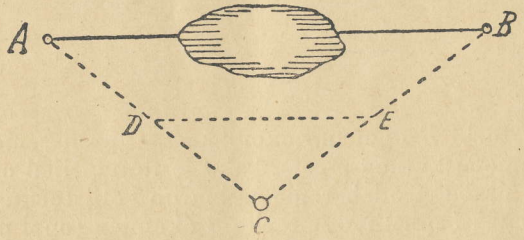
U takvom slučaju moramo dužinu *AB*, koju želimo izmjeriti, pomaknuti na drugo mjesto. To izvedemo tako, da si na zemljištu odaberemo po volji točku *C* (vidi sl. 23.), koja je pristupačna i koja je na suhome. Točku *C* spojimo s točkama *A* i *B* i te spojnice pro-



Slika 23.

dužimo preko točke *C*. Na ta **produženja** prenesemo od točke *C* dužine spojnica, i to tako, da bude $AC = Ca$ (to je na produženju spojnice *AC*), i da bude $BC = Cb$ (na produženju spojnice *BC*). Tako smo dobili dvije nove točke na zemljištu, t. j. točku *a* i točku *b*. Spojimo li sada te nove točke *a* i *b*, dobivamo istu dužinu, kolika je i dužinu *AB*, koju smo trebali izmjeriti.

Isti taj zadatak možemo riješiti i na drugi način, kako to pokazuje slika 24.

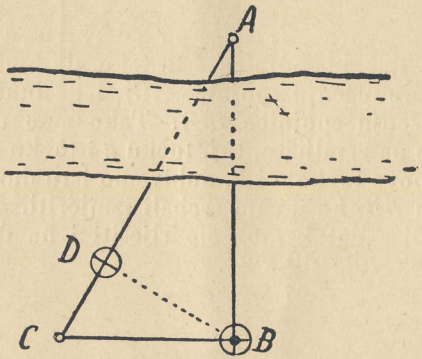


Slika 24.

Odaberemo opet po volji točku *C*, koja leži povoljno za rad (točka *C* mora biti na suhom, a osim toga

moraju biti spojnice CA i CB pristupačne). Krajnje točke osnovne crte A i B spojimo s točkom C. Spojnicu AC razdijelimo točno na dva jednaka dijela (dakle je razpolovimo), pa dobivamo točku D, koju na zemljištu označimo kolčićem. Isto tako razpolovimo spojnicu BC pa dobivamo točku E. Spojnica DE je sada jednaka polovici dužine AB.

U slici 25. je dužina AB, koju treba izmjeriti, tako postavljena, da prelazi preko široke rijeke; prema tome ne možemo doći do točke A, ali je na zemljištu vidimo.



Slika 25.

U točki B dignemo okomicu, t. j. prenesemo pravi kut pomoću kutnog zrcala, kako je to naprijed opisano. Na toj okomici odaberemo sasma po volji točku C. Na spojnicu AC spustimo iz točke B okomicu (opet pomoću kutnog zrcala); na taj način odredimo točku D na spojnici AC. Tako je nastao trokut BCD (slika 25.), pa sada izmjerimo sve tri stranice toga trokuta: stranicu DB, stranicu BC i CD. Dužinu AB odredimo sada ovako:

$$AB = \frac{DB \times BC}{CD}$$

(Dužinu AB izračunali smo iz sličnosti trokuta ABC i trokuta BCD).

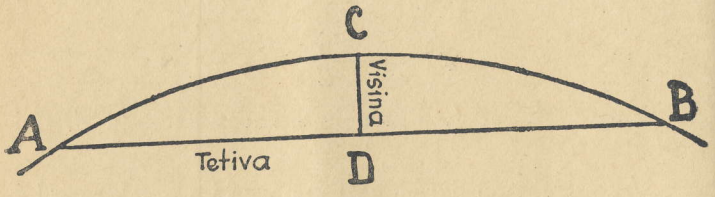
Ako trebamo izračunati površinu okrugle plohe, na pr. poklopac okruglog bunara, površinu dna ili poklopca silosa za žitarice ili stočnu hranu, ili površinu okruglog cvjetnjaka u vrtu, onda moramo odrediti središte kruga i izmjeriti polumjer kruga (udaljenost od središta do same kružnice, t. j. do oboda kruga). Površinu kruga onda lako izračunamo. Površinu dobijemo tako, da pomnožimo dužinu polumjera s dužinom polumjera, a taj umnožak još pomnožimo s brojem 3,14. Ako to napišemo u obliku matematske formule, onda je površina P kruga jednaka:

$$P = r^2 \times 3{,}14$$

Opseg kruga dobijemo tako, da dvostruki polumjer (dakle promjer kruga) pomnožimo s brojem 3,14. U obliku formule to je:

$$O = 2 \times r \times 3{,}14$$

U vrtlarstvu, odnosno kod izrađivanja novih vrtova dolazi nam često oblik kružnog odsječka (vidi sliku 26.). U tom slučaju moramo izmjeriti dužinu AB, koju zovemo tetiva kružnog luka, a osim toga i dužinu CD, koju zovemo: visina kružnog odsječka. Površinu kružnog odsječka izračunamo tako, da izračunamo dvije trećine od tetive i taj broj pomnožimo s visinom odsječka.



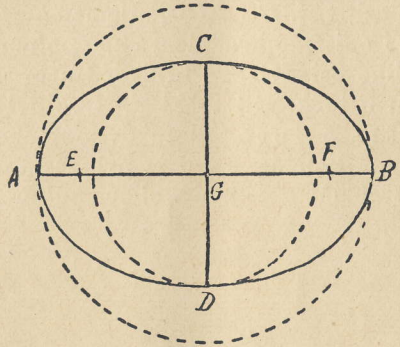
Slika 26.

U obliku matematske formule to možemo pisati ovako: površina P kružnog odsječka je:

$$P = \frac{2}{3} \times AB \times CD$$

Ovu formulu možemo upotrijebiti i kod izračunavanja površine zemljišta, koje je ograničeno zakrivljenim crtama, kako je to bilo u slici 20. Ako trebamo izračunati samo površinu takvog zemljišta, a prije toga to zemljište nije izmjereno niti nacrtano, onda ga razdijelimo na same trapeze i trokute, tako da na rubovima, t. j. uz granicu zemljišta ostaju samo male plohe, koje imaju oblik kružnog odsječka, t. j. ravnu osnovku (tetivu) i zakrivljenu granicu, s malenom visinom odsječka. (Zakrivljena granica ne mora biti baš točno dio kružnice, t. j. kružni luk; to može biti i nepravilna zakrivljena crta.) Ovakve male površine izračunamo isto kao i površine kružnih odsječaka, dakle po istoj formuli. Ako ovakve male plohe imaju još uvijek prilično veliku visinu, onda tu plohu treba opet razdijeliti najprije u trokute i trapeze, da nam ostatak plohe uz rub granice dobije manju visinu, a tek onda možemo te površine računati kao površine kružnog odsječka. Inače nam površine ne bi bile izračunane dosta točno.

Osim kružnice dolazi nam, kao pravilna ploha još elipsa (slika 27.). Elipsa ima različito velike promjere, dok su kod kružnice svi promjeri međusobno jednaki.



Slika 27.

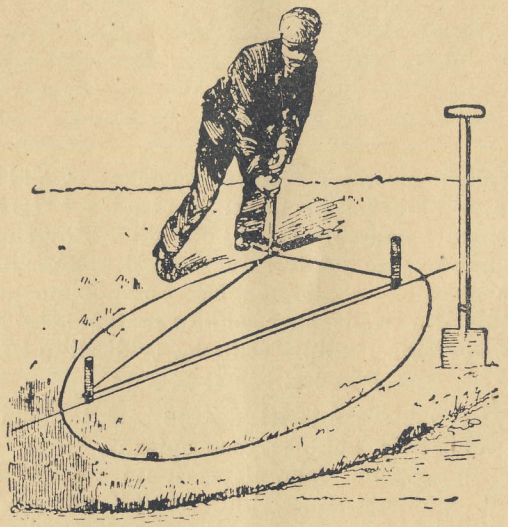
Najduži promjer elipse zovemo: velika os elipse, a najkraći promjer: mala os elipse. Ove dvije osi stoje jedna na drugoj okomito. Površinu elipse izračunamo ovako: polovicu velike osi pomnožimo s polovicom male osi, a taj umnožak pomnožimo još s brojem 3,14. Ako to pišemo u obliku matematske formule, onda je površina P elipse jednaka (vidi sliku 27.):

$$P = AG \times CG \times 3{,}14$$

Treba dakle izmjeriti dužinu AG i dužinu CG i obaviti množenja, kako je gore opisano.

Elipsu možemo lako nacrtati na zemlji. Najprije označimo na zemljištu veliku os AB pomoću napete uzice (slika 27.). Veliku os AB razpolovimo i odredimo središte elipse G. U središtu G prenesemo pravi kut

(dakle dignemo okomicu na veliku os *AB*) pomoću kutnog zrcala ili na koji drugi način, koji je opisan u prijašnjim poglavljima (slike 8.—13.). Na tu okomicu prenesemo (odmjerimo) od središta *G* na svaku stranu polovicu male osi, t. j. *GC* i *GD*. Uzmemo sada točku *C* kao središte i opišemo kružnicu, a kao polumjer uzmemo polovicu velike osi *AG*. Ta kružnica nam siječe veliku os dva puta: u točki *E* i točki *F*. Ove dvije točke zovemo žarišta elipse. U te dvije točke *E* i *F* zabijemo okrugle kolčiće, kako je prikazano na slici 28. Osim toga trebamo zašiljeni kolčić, kojim ćemo crtati



Slika 28.

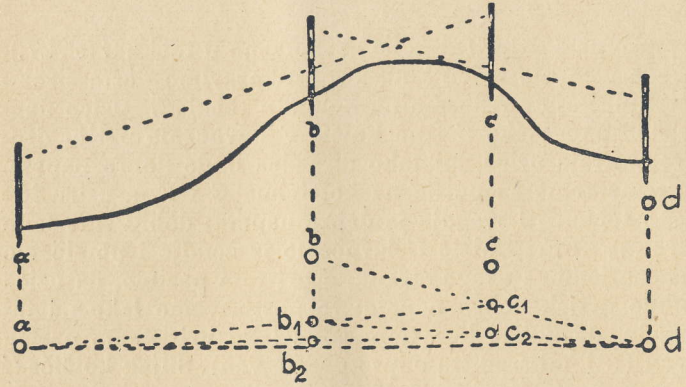
elipsu na zemlji. Taj kolčić zabodemo u točku *C* (sl. 27.). Sada uzmemo uzicu i na kraju napravimo dosta široku petlju, koju navučemo na kolčić u točki *E*. Uzicu napnemo oko točke *C* i na kolčić *F* navučemo petlju drugoga kraja uzice, ali tako da uzica bude dobro napeta. Prema tome su petlje na kolčićima *E* i *F*, a uzica ide oko točke *C* i svagdje je dobro napeta; dobili smo tako trokut *ECF*. Kolčić *C* izvučemo iz zemlje i pomičemo ga na jednu i drugu stranu, a pri tom pazimo, da uzica bude uvijek dobro napeta; to postizavamo lako na taj način, da kolčić kod pomicanja lako pritištemo prema van (t. j. od središta elipse prema van). Šiljak kolčića *C* crta nam na zemlji obod tražene elipse.

Ako treba izjmeriti elipsu, koja na zemlji već postoji, onda treba izmjeriti samo obe osi elipse, pa ju možemo nacrtati.

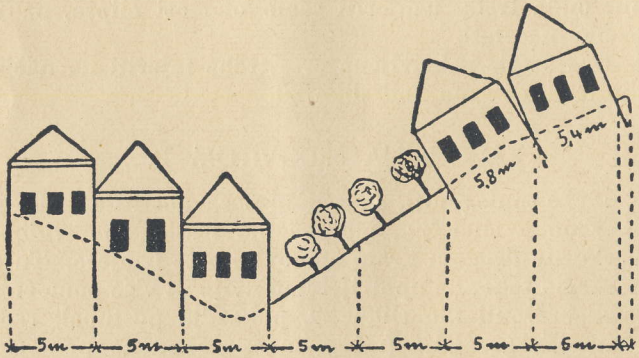
Sve ostale zakrivljene crte treba mjeriti na način, kako je to opisano kod slike 20.

RADOVI NA BRDOVITOM TLU.

Može se dogoditi, da uslijed neravnosti tla, kako je prikazano u slici 29., od početne trasirke ne vidimo trasirku na drugom kraju stanovite crte izmjere. Tu si pomažemo tako, da upotrijebimo dvije ili više pomoćnih trasirka. Donji dio slike 29. pokazuje postupak rada gledan odozgo, gdje *b* i *c* znače zabodene pomoćne trasirke, koje smo postavili predbježno posve po volji. Najprije se postavimo iza trasirke *d* i gledamo od točke *d* prema *b*, pa upravljamo pomoćnika, koji drži trasirku *c* tako dugo, dok ne bude u istom pravcu *db*. Tako dolazi trasirka *c* u položaj c_1. Sada odemo iza trasirke u točki *a* i gledamo prema c_1. Pomoćnik izvadi trasirku *b*,



Slika 29.



Slika 30.

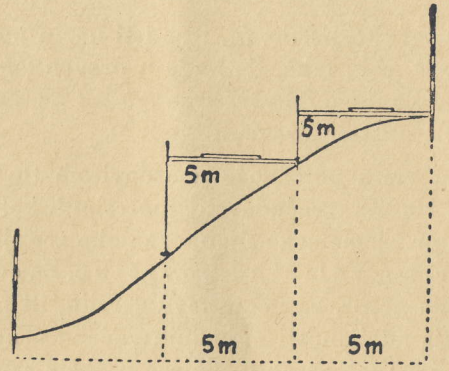
a mi ga upravljamo tako dugo, dok njegova trasirka, koju on mora držati lako u ruci, ne dode u pravac ac_1; tu pomoćnik zabode trasirku u zemlju, koja je prema tome došla u novi položaj b_1. Sada opet gledamo od

trasirke u točki d prema b_1, i na isti način pomaknemo trasirku iz c_1 u c_2 tako, da bude u pravcu $d\,b_1$. To ponavljamo tako dugo dok trasirke a-b-c-d ne budu u istoj ravnoj crti (u istom pravcu).

Drugu vrstu potežkoće u brdovitom tlu prikazuje nam slika 30. Za izračunavanje potrebnih količina gnojiva ili na pr. sjemena za sijanje za neko zemljište dolazi u obzir p r a v a v e l i č i n a p o v r š i n e. Za određivanje površine tla na pr. za neku novu zgradu, ili na pr. kod određivanja udaljenosti pojedinih voćaka u novom voćnjaku, koji želimo zasaditi, dolaze u obzir samo v o d o r a v n e u d a l j e n o s t i odnosno plohe. Slika 30. pokazuje, desno gore, da dužina zemljišta iznosi 5,8 *m* odnosno 5,4 *m*, dok je za samu kuću dužina koja dolazi u obzir, uistinu duga samo 5 *m*. Vodoravnu površinu odnosno dužinu, koja pripada stanovitoj plohi ili dužini zemljišta, koje se nalazi na kosom tlu, možemo odrediti pomoću mjeraće letve i razulje.

MJERENJE DUŽINA NA KOSOM TLU.

Slika 31. nam pokazuje, da za mjerenje dužinâ na kosom tlu trebamo m j e r a ć u l e t v u, na koju postavljamo r a z u l j u (libelu), pomoću koje možemo mjeraću letvu postaviti točno u vodoravni položaj. Mjeraća letva je duga 5 *m* (može biti i kraća, na pr. 4 *m* ili 3 *m*), a mora biti posve ravna. Obično je to posve ravna daska, ne preteška, ali takva, da nam se kod rada ne savija.



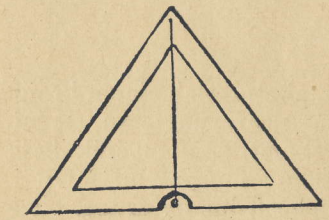
Slika 31.

Jedan kraj mjeraće letve postavi se na početnu točku od koje počinjemo mjeriti, a drugi kraj tako dugo dižemo, odnosno spuštamo, dok razulja ne pokazuje točno vodoravni položaj (mjehurić u libeli je onda točno u sredini). Sada na slobodnom kraju mjeraće letve postavimo visak. Na mjestu gdje visak dodiruje zemlju, zabijemo kolčić, a na njegovu gornju plohu nacrtamo olovkom križić, koji točno označuje točku, koju daje šiljak viska. Sada se letva premjesti, t. j. onaj kraj, koji je bio na početnoj točki, dolazi sada na točku označenu na kolčiću. Razulja se postavi u sredinu mjeraće letve i dovede u vodoravni položaj, a na slobodnom kraju opet pomoću viska označi nova točka na zemlji, odnosno na zabijenom kolčiću. Tako postupamo sve dalje, dok ne dođemo do druge krajnje točke dužine, koju smo imali izmjeriti.

Ako se ne radi o prevelikoj točnosti, možemo dužinu mjeriti mjeraćom vrpcom, koju dobro napnemo.

Budući da tu ne možemo upotrijebiti razulju, držimo mjeraću vrpcu vodoravno od oka (dakle približno, po mogućnosti što točnije).

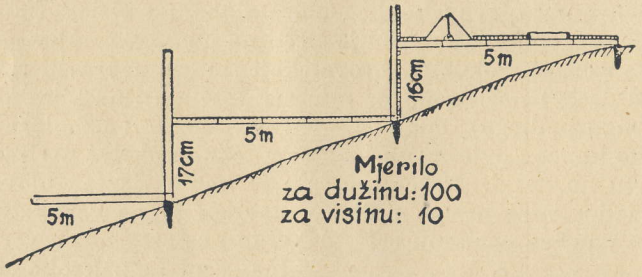
Ako nemamo razulje, možemo si sami napraviti t. zv. r a z a l n i t r o k u t. Uzmemo komad daske od koje je barem jedan rub potpuno ravan. Taj ravni rub služi nam kao osnovka. Na taj ravni rub nacrtamo okomicu pomoću crtaćeg trokuta sve do drugog ruba daske, t. j. ta crta mora stajati točno okomito na osnovku daske (na ravni brid daske). Na nacrtanu okomicu, uz gornji rub daske zabijemo čavlić, za koji privežemo konac. Na donjem kraju konca objesimo olovnu kuglicu (komad olova) ili nešto težkog, ali tako da ta olovna kuglica bude sasma malo iznad donjeg brida daske; kada dasku postavimo na osnovku, t. j. na onaj ravni rub, onda olovna kuglica mora slobodno visjeti (mora se moći njihati, a ne smije sjesti na podlogu). Ako sada taj razalni trokut (t. j. ovaj koji smo si napravili sami od daske) postavimo na mjeraću letvu (ili na bilo koju drugu podlogu), onda je letva u vodoravnom položaju, ako konac s ovješenom kuglicom točno pokriva narisanu crtu na daski. U tom slučaju je konac, jer ga olovna kuglica vuče prema dolje, postavljen točno vertikalno, on pokriva narisanu crtu, dakle je i ta crta točno vertikalna; crta je pak okomita na donji rub daske, a to znači da je donji rub daske točno vodoravan. U trgovini se dobiva takva uprava već gotova, a ima oblik trokuta (vidi sliku 32.); odatle mu i ime razalni trokut.



Slika 32.

ODREĐIVANJE VISINSKIH RAZLIKA.

Osim mjerenja dužina i površina moramo u praktičnom životu kadkada odrediti visinske razlike. Kao primjere navodimo: treba izkopati jarak, od kojega dno mora imati zadani priklon (pad) zbog odvodnje; na kosom zemljištu treba izgraditi vodoravnu terasu; treba izgraditi nogometno igralište, koje mora biti točno vodoravno; treba izraditi nadkrito gumno i t. d. Ako se radi samo o malim dužinama, onda možemo postupati na isti način, kako je to opisano kod mjerenja dužina na kosom tlu u prijašnjem poglavlju. Trebamo samo izmjeriti v i s i n u slobodnog kraja mjeraće daske iznad zemlje, t. j. visinu okomice, koju određuje visak na tom kraju, i tu mjeru zabilježiti (slika 33.).



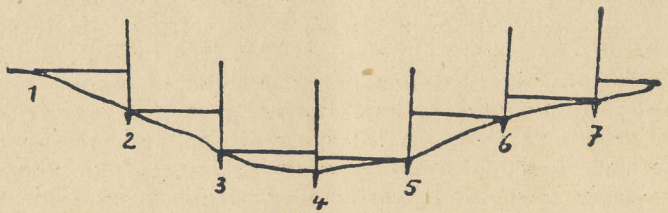
Slika 33.

Posao nam je mnogo lakši, ako na slobodnom kraju mjeraće letve postavimo jednu uspravnu letvu (točni uspravni položaj odredimo viskom), a pomoćnik koji pomaže kod izmjere, drži zajedno i uspravnu letvu i mjeraću letvu, koje su prislonjene jedna uz drugu. Kod postavljanja mjeraće letve u vodoravan položaj, pomoćnik je polako spušta ili diže, ali uvijek tako, da mu bude prislonjena uz uspravnu letvu. Na taj način je njemu znatno olakšan posao, a sama izmjera je mnogo točnija. Razalni trokut se postavi na sredinu mjeraće letve i tu stoji promatrač, koji određuje pomoćniku, da mjeraću letvu spušta ili diže (kratkim zapovjedima: »gore«, »dolje«, »stoj«).

Kada je mjeraća letva točno vodoravna (dakle je zapovjed glasila »stoj«), onda se na uspravnu letvu olovkom označi donji rub vodoravne mjeraće letve. i izmjeri visina. Tako smo kod jedne ovakve izmjere odredili razliku visine tla između jednog i drugog kraja mjeraće letve. Sada se pomaknemo dalje, od netom određene točke, u novi položaj i radimo istim načinom.

Ako kod mjerenja idemo n i z b r d i c e, onda pred svaki broj, koji predočuje izmjerenu razliku visine, stavljamo predznak —, a ako idemo u z b r d o, stavljamo predznak +.

Kod mjerenja uzbrdo se mjeraća letva dakako ne može postaviti na zadnju točku, gdje smo baš svršili mjerenje, nego se postavlja, pomoću viska, točno iznad te točke, dok razulja ne pokazuje točan vodoravni po-

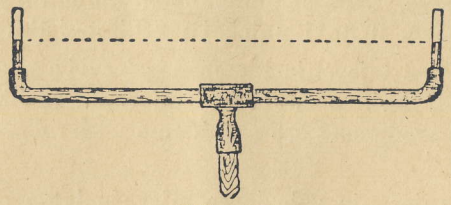


Slika 34.

ložaj mjeraće letve. Ovaj posao je dosta dugotrajan, jer polazimo postepeno od točke do točke, ali je zato jednostavan i uz malo spretnosti dosta lagan.

Drugi način određivanja razlike visina osniva se na slijedećem: iznad tla zamislimo si vodoravnu ravninu. Sada mjerimo koliko se koja točka zemljišta nalazi ispod te vodoravne ravnine. Ovu vodoravnu ravninu odredimo pomoću cijevne razulje, koju si možemo napraviti sami.

Cijevna razulja se osniva na prirodnom zakonu, da voda nastoji uvijek zauzeti vodoravnu površinu. Uzmemo komad cijevi od kovine i oba kraja savinemo prema gore, pod pravim kutem, kako je prikazano u slici 35.



Slika 35.

U te krajeve utaknemo kratke komade staklene cijevi, a prostor između staklene i metalne cijevi utijesnimo pomoću kita. U sredini metalne cijevi, na donjoj strani, pričvrstimo kratki komad metalne cijevi, ali okomito na glavnu cijev (slika 35.). Tu cijevnu razulju možemo nataknuti na okrugli štap, tako da se može slobodno i lako okretati na sve strane u svom ležaju. Sada si izradimo tronožni stalak ili upotrijebimo stalak fotografskog aparata, na koji učvrstimo štap, oko kojega se može okretati naša cijevna razulja. Kroz staklenu cijevčicu napunimo cijevnu razulju crveno obojadisanom

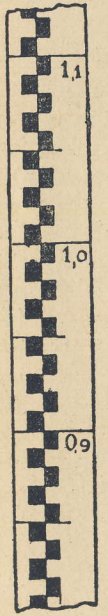
(Velimir Neferović)

vodom, i to toliko, da u svakoj staklenoj cijevčici, koje su gore otvorene, vidimo nešto vode (vidi sliku 35.). Po zakonu o spojenim posudama je površina vode u obim staklenim cijevčicama uvijek u istoj visini. Prema tome spojnica tih površina vode određuje vodoravni pravac. Ako cijevnu razulju polako okrećemo, onda dobivamo u svakom smjeru u kome gledamo od površine vode u jednoj cijevčici na drugu površinu vode u drugoj cijevčici, uvijek novi vodoravni pravac; svi ti vodoravni pravci tvore onu vodoravnu ravninu iznad tla, koju smo spomenuli na početku ovog tumačenja.

Ako sada želimo odrediti visinsku razliku između dviju točaka na zemljištu, onda naš pomoćnik postavi nivelacionu letvu na zemlju u prvu točku i drži je uspravno u vis. Cijevnu razulju okrenemo u smjer prema nivelacionoj letvi i gledamo od površine vode u prvoj cijevčici preko površine vode u drugoj cijevčici (kako pokazuje crtkana crta u slici 35.) prema nivelacionoj letvi i pročitamo visinu, koju taj vodoravni pravac određuje na njoj. Pomoćnik prenese nivelacionu letvu u drugu točku, a mi opet pročitamo visinu, gledajući preko površina vode u obim cijevčicama na nivelacionu letvu. Razlika između obih odčitanja na nivelacionoj letvi je tražena visinska razlika između obiju zadanih točaka. Sasma je svejedno na koje mjesto na zemljištu postavimo našu cijevnu razulju. Položaj kamo ćemo postaviti cijevnu razulju, odabiremo uvijek tako, da u obim točkama možemo lako odčitavati na nivelacionoj letvi.

A sada još nešto o samoj nivelacionoj letvi. U većini slučajeva može nam poslužiti obični »metar«, koji upotrebljavaju zidari ili tesari, a koji je dug dva

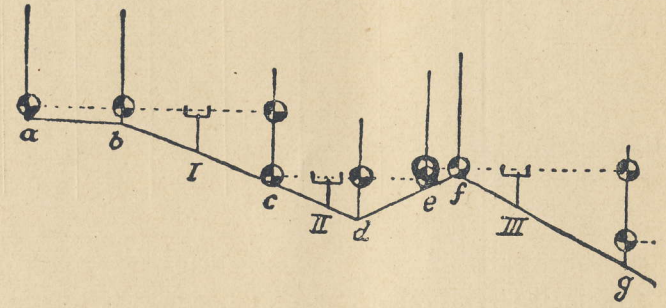
metra (često ga zovu u običnom životu »colštok«). Privežemo ga na grablje, tako da sjedi na zupcima grablja i da se ne može zabosti u zemlju, jer inače odčitavanje ne bi bilo dobro (dobili bismo krive rezultate). Budući da na veće udaljenosti ne možemo sa cijevne razulje odčitavati, pomiče pomoćnik olovku ili usku prugu bijelog papira tako dugo gore odnosno dolje, dok olovka i obe površine vode u cijevnoj razulji ne budu u istom pravcu. Mi stojimo kod cijevne razulje i gledamo preko površina vode prema pomoćniku i upravljamo kratkim povicima »gore« - »dolje«, odnosno kada je u točnom položaju, »stoj«. Sada pomoćnik pročita visinu, i dovikne nam odnosnu brojku, koju mi upisujemo u priručnu skicu.



Slika 36.

Ako je zemljište veliko, pa ne možemo raditi s običnim metrom, napravimo si nivelacionu letvu sami. Uzmemo 3 do 5 *m* dugu, usku dasku, na koju pribijemo t. zv. milimetarpapir (uzku prugu tog papira, koliko je široka i daska), a crnim tušem označimo razdiobu na centimetre, kako je to označeno na slici 36.

Određivanje visinskih razlika spajamo redovno odmah s mjerenjem površina zemljišta. Kod mjerenja površina izrađujemo za vrijeme rada priručnu skicu, pa svakoj izmjerenoj točki odmah upišemo i visinu, koja joj pripada. Ako ne mjerimo površinu, nego samo visinske razlike, onda svaku točku moramo na tlu označiti kolčićem, na koji napišemo olvokom redni broj točke, kako bi kasnije te iste točke mogli ponovno upotrijebiti, a da ne nastane zabuna. Ako kolčiće zabijemo kod rada, a nivelacionu letvu postavljamo na kolčić, onda njegovu visinu iznad zemlje moramo pribrojiti odčitanoj visini na nivelacionoj letvi.



Slika 37.

U slici 37. je prikazan slučaj, gdje pojedine točke zemljišta nismo mogli odčitati iz jednog jedinog stajališta cijevne razulje. Mi možemo za vrijeme rada prenesti cijevnu razulju u novi položaj, t. j. na drugo mjesto (drugo stajalište), ali to novo mjesto moramo dovesti u vezu s prvim stajalištem, gdje je bila prvi puta postavljena cijevna razulja. Odmah ćemo rastumačiti, kako to radimo. Kod početka rada postavimo cijevnu razulju najprije na takvo mjesto, iz kojega možemo odčitati po mogućnosti što više točaka (vidi sliku 37.), dakle u stajalište I. Sada gledamo na početnu točku izmjere *a* i čitamo na pr. 0,30. Tu vrijednost unosimo odmah u slijedeću skrižaljku:

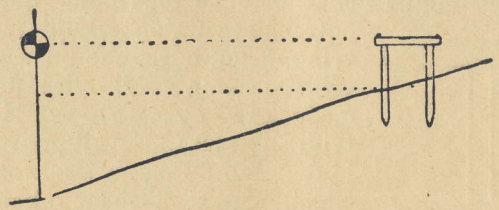
Od stajališta prema	čitanje natrag	čitanje naprijed	tlo se uzdiže +	tlo pada —	Visina prema početnoj točci +	Visina prema početnoj točci —
1	2	3	4	5	6	7
I—a	0,30	—	—	—	0,00	0,00
I—b	—	0,40	—	0,10	—	0,10
I—c	—	1,10	—	0,70	—	0,80
II—c	0,15	—	—	—	—	—
II—d	—	0,80	—	0,65	—	1,45
II—e	—	0,15	0,65	—	—	0,80
III—e	0,30	—	—	—	—	—
III—f	—	0,10	0,20	—	—	0,60
III—g	—	1,60	—	1,50	—	2,10
			0,85	2,95		
				0,85		
				2,10		

Budući da se radi o početnoj točki, unesemo odčitanje u prvu kolonu, a sve ostale ostaju prazne. Ovo prvo odčitanje ne ubrajamo u kasnijem radu; ono nam služi samo za određivanje razlike u visinama, zato takvo odčitanje zovemo: čitanje »n a t r a g«. Sada usmjerimo cijevnu razulju na točku *b* i čitamo na pr. 0,40. Prema točki *a* pada dakle tlo do točke *b* za 0,40 — 0,30 = 0,10. Pojedina odčitavanja unosimo u skrižaljku, premda mi zapravo tražimo samo r a z l i k u v i s i n a; mi ih ipak unosimo, kako bi kod možebitnih netočnosti mogli brzo naći pogrješku, a da ne moramo ponoviti cijelo mjerenje.

Kod točke *c* čitamo 1,10; razlika je dakle prema početnoj točki 1,10 — 0,30 = 0,80 *m*. U točki *d* više ne možemo čitati na nivelacionoj letvi, jer je ona niža od našega horizontalnog pravca. Moramo dakle cijevnu razulju premjestiti u novo stajalište II. Da ostanemo u vezi s dosadašnjim mjerenjem, moramo u točki *c* još

jedamput odčitati visinu s tog novog stajališta. Točka *c* je sada postala početna točka za slijedeća mjerenja. Mi dakle u neku ruku gledamo još jedamput prema natrag. Sada nam je jasno zašto ova odčitavanja početne točke zovemo »čitanje natrag« i zašto se ne uračunavaju u razliku visine.

Pročitamo 0,15 i unesemo u prvu kolonu skrižaljke, a ostale ostaju prazne. Usmjerimo cijevnu razulju prema točki *d* i čitamo 0,80; unesemo u skrižaljku i odredimo razliku prema novoj početnoj točki *c*. Razlika iznosi 0,80 — 0,15 = 0,65 *m*. Prema prvobitnoj početnoj točki *a*, budući da smo dosadašnjim mjerenjem došli do 0,80, iznosi dakle visinska razlika 0,80 + 0,65 = 1,45 *m*. Točka *e* leži više od točke *d*, zato tu čitamo na pr. samo 0,15; tlo se dakle uzdiže za 0,80 — 0,15 = 0,65 *m*. Točka *f* leži još više, pa je odčitavanje sa stajališta II nemoguće. Moramo dakle cijevnu razulju ponovno premjestiti u novo stajalište III. Sada opet čitamo najprije »natrag« prema točki *e* prije nego počnemo s daljnjim mjerenjem. Kada smo sva mjerenja završili, možemo ispitati ispravnost rada tako, da zbrojimo sve brojeve kolone 5 (»tlo pada«) i kolone 4 (»tlo se uzdiže«). Zbroj kolone 4 odbijemo od zbroja kolone 5 pa moramo dobiti isti rezultat kao posljednji red u koloni 7.

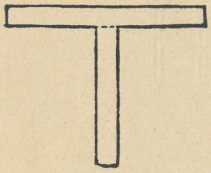


Slika 38.

Ako moramo izmjeriti samo nekoliko točaka i nemamo pri ruci cijevnu razulju, a visinske razlike treba brzo odrediti, možemo si pomoći običnom zidarskom razuljom ili si sami odmah napravimo razalni trokut. Sada zabijemo u zemlju dva jača kolčića, kako je to označeno u slici 38. u smjeru prema točki, koju ćemo mjeriti, a na njih pribijemo komad ravne daske, koja mora biti postavljena točno vodoravno. Na svaki kraj daske pribijemo po jedan čavao, u istoj visini. Na taj smo način dobili vodoravni pravac, odnosno vodoravnu ravninu. Sada možemo gledati preko glava čavala prema nivelacionoj letvi i odčitati visinu.

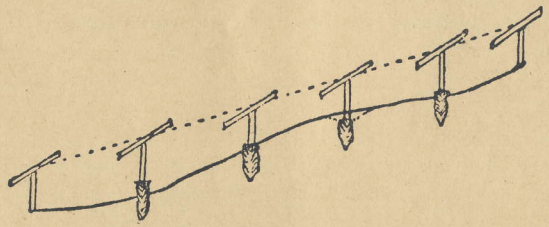
RADOVI S KRIŽEVIMA ZA NIVELIRANJE.

Ako na zemljištu treba utvrditi stanovitu dužinu u jednoličnom padu (priklonu), onda ne ćemo mjeriti na svakih 50 *cm* odgovarajuću točku pomoću cijevne razulje, jer bi to iziskivalo odviše rada i računanja. Pomoću cijevne razulje točno odredimo samo početnu i zadnju točku te dužine. Recimo na pr. da neki put, na dužini od 30 *m*, mora imati priklon 1 : 20, a daljih 30 *m* priklon od 1 : 10. U tom slučaju odredimo točne visine početne točke, zatim srednje točke gdje se mijenja priklon i konačne točke toga puta. Sve ostale potrebne međutočke, kojih može biti vrlo mnogo, odredimo postepeno, za vrijeme samih građevnih radova, pomoću križeva za niveliranje (vidi sliku 39.). Gornji poprečni dio je dug oko 50 *cm*, a širok oko 2 do 3 *cm*. On stoji točno okomito na donjem dijelu, koji je dug oko 1 *m*.



Slika 39.

Taj vertikalni stupić je na donjem kraju odrezan pod pravim kutem. Da se donji dio, uslijed česte upotrebe i prenašanja, ne ošteti, zaštitimo ga željeznim okovom. U cijelosti trebamo tri takva križa. Jedan križ dolazi na zadnju točku, gdje ga se može privezati na jači kolčić. koji zabijemo u zemlju, ali tako da križ bude točno vertikalan, odnosno njegov gornji poprečni dio točno vodoravan. Drugi križ uzme predradnik (ili poslovođa) i postavi ga na početnu točku. Treći križ dobiva radnik (pomoćnik). Ako sada treba jednu točku dovesti na traženu (propisanu) visinu, onda predradnik gleda preko svoga križa na onaj u zadnjoj točki (slika 40.), dok pomoćnik drži svoj križ u toj novoj točki, koju određujemo. Predradnik vidi da li točku treba postaviti još više, ili je već previsoka. Povikom »više« dotično »niže« upravlja predradnik tako dugo dok ne postignemo traženu visinu. Kod radova, koji brzo napreduju, označimo visine pomoćnih točaka samo sa zemljom (mali nasip, koji nabijemo lopatom, ili

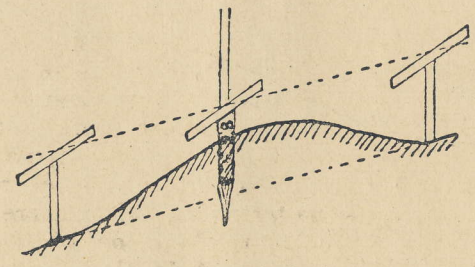


Slika 40.

pak mali iskop, kome izravnamo dno). Kod radova koji traju duže vremena, označimo sve pomoćne (kao i glavne) točke kolčićima, koji se dobro zabiju u zemlju

da se ne mogu pomaknuti. Da bi se ovi kolčići bolje vidjeli, izvodimo ih često za 10 *cm* više od prave visine točke. U tom slučaju moraju dakako i početni kolčić i zadnji kolčić biti isto tako viši za 10 *cm*. Radnici kod rada onda mjere uvijek za 10 *cm* dublje od gornjeg ruba kolčića.

Može se dogoditi slučaj, da jedan kolčić ne možemo postaviti na njegovu pravu visinu, jer bi bilo potrebno previše odkopa. Onda zabijemo u zemlju jako dugi kolac, kako je prikazano u slici 41., a visinu odredimo pomoću križa za niveliranje, koji držimo naopako, t. j. poprečni dio okrenemo prema dolje (vidi siku 41.). Na gornjem kraju se kolac odpili na ustanovljenu visinu, a gore sa strane se zasiječe i odkine komad. Na toj odsječenoj plohi napišemo olovkom za koliko centimetara leži prava točka niže od gornjeg ruba kolca. Općenito počinjemo uvijek od početne točke. Samo onda, ako uslijed nastale tame ili prejakog zavoja crte koju određujemo, ne možemo točno vidjeti zadnji križ, polazimo na jednu međutočku, koju smo odredili osobito pomno.



Slika 41.

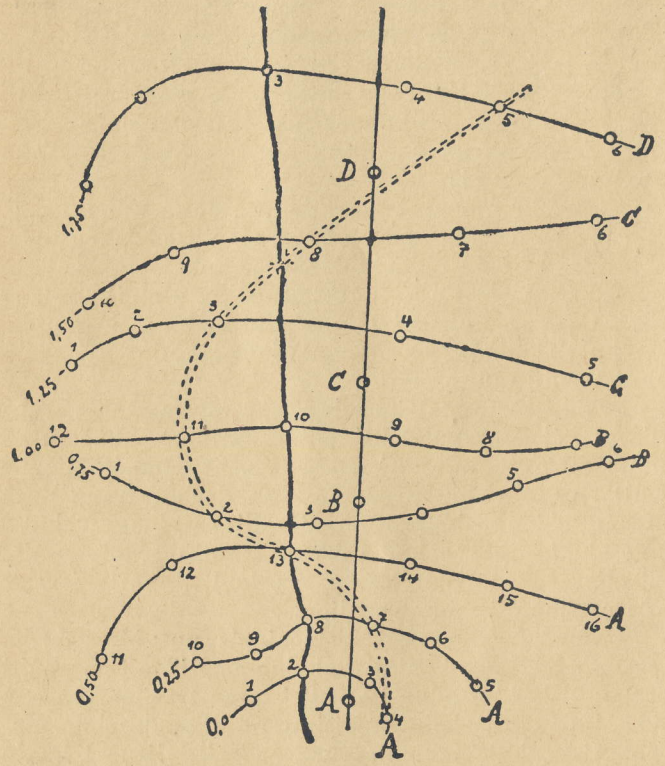
Točke koje određujemo, ne moraju ležati sve u istom pravcu. Ako križeve u početnoj i zadnjoj točki postavimo točno vodoravno pomoću razulje ili razalnog trokuta, možemo određivati međutočke i onda, ako postoje dosta jaki zavoji na crti, koju određujemo. Ako sve točke leže u jednom pravcu, onda ne moramo križeve postavljati točno vodoravno, ali u tom slučaju moramo gledati točno u smjeru od s r e d i n e križa na s r e d i n e d r u g i h k r i ž e v a.

Osobe, koje imaju mnogo takvog posla, kupuju rađe umjesto križeva skupinu ploča izrađenih od jakog lima. Dvije ploče imaju oblik polukruga, dok je treća, koju predradnik postavlja na početnu točku, u obliku punog kruga. Ova treća ploča ima u sredini kruga malu rupicu, kroz koju se gleda. Ovakve su ploče trajnije, a omogućuju i točniji rad.

Svaki put (cesta) ima dva ruba, prema tome treba i drugi rub puta utvrditi istim načinom. Početnu i zadnju točku ne određujemo sada opet pomoću cijevne razulje, nego visinu prenesemo na drugu stranu puta pomoću obične zidarske razulje ili razalnog trokuta. Samo ako krajnje točke na drugoj strani ne možemo doseći mjeraćom letvom, kao na pr. kod terasa ili jezera, onda radimo cijevnom razuljom.

U praksi će nastati i slučaj, da put ide uzbrdo. Moramo zbog toga izmjeriti okolno zemljište i napraviti nacrt o visinskim odnosima. Pri tome tražimo sve one točke, koje imaju jednaku visinu, pa ih međusobno spojimo. Crte, koje tako nastanu, su zakrivljene i imaju nepravilni oblik, a zovemo ih s l o j n i c e. Slika 42. prikazuje nam, da se na terenu najprije odabere i označi osnovna ravna crta izmjere, koja ide odozdo prema gore. U ovoj slici je to crta *A-B-C-D*. Cijevnu razulju

postavimo najprije točno u točku *A*, pomoću viska, koji objesimo ispod stalka. Sada se pomoćnik (radnik) po-



Slika 42.

stavi s nivelacionom letvom na bilo koju točku (po volji odabranu), koja leži niže od točke *A;* u našoj slici je to

točka 1. Pročitamo visinu na nivelacionoj letvi, na pr. 1,10. Tu visinu označimo na nivelacionoj letvi posebnim znakom. Sada polazi pomoćnik po terenu simo-tamo tako dugo, dok se ne nađe opet jedna točka, koja daje isto odčitanje 1,10. Postupkom nastavimo, a te točke označimo u terenu kolčićima. U našoj slici su to točke 1, 2, 3 i 4. Svaku ovu točku moramo dakako točno odrediti, na poznati način: spuštanjem okomica i mjerenjem udaljenosti od početne točke osnovne crte izmjere. Da slika 42. bude jasnija, nisu tamo ucrtane okomice iz pojedinih točaka 1, 2, 3 i 4 na osnovnu crtu izmjere, niti su unesene mjere udaljenosti.

Ako spojimo točke 1, 2, 3 i 4, dobivamo slojnicu, kojoj kao početnoj slojnici damo oznaku 0,00.

Na nivelacionoj letvi označimo sada posebnom oznakom mjesto 0,85 i tražimo, na prije opisani način, po mogućnosti što više točaka, koje se nalaze u toj visini (točke *A* 5 . . . . 10). Sve točke označimo u terenu kolčićima i odredimo njihov položaj kao u prijašnjem slučaju. Spojimo točke 5 . . . . 10 pa dobivamo novu slojnicu + 0,25. Kod prvog mjerenja smo uzeli prvu točku sasma po volji i dobili prvo čitanje 1,10, a tu slojnicu smo označili sa 0,00. Kod drugog mjerenja smo na nivelacionoj letvi označili posebnom oznakom mjesto 0,85 i tražili točke, koje se nalaze u toj visini. Prema tome su ove druge točke za 0,25 više od onih prvih. Dakle je i druga slojnica viša od prve za 0,25, pa je dobila i oznaku + 0,25. Tu smo to učinili namjerno, jer želimo slojnice po 0,25 *m*. Zato smo iza prvog mjerenja, koje je imalo odčitanje 1,10, morali na nivelacionoj letvi označiti mjesto 1,10 — 0,25 = 0,85.

Slijedeću slojnicu +0,50 želimo imati opet višu za 0,25. Dakle na nivelacionoj letvi označimo posebnom oznakom mjesto 0,85 — 0,25 = 0,60. Sada tražimo točke na terenu, koje imaju te visine (to su *A* 11 .... 16).

Za daljnju slojnicu +0,75 morali bi na nivelacionoj letvi označiti mjesto 0,60 — 0,25 = 0,35. Uzmimo da je teren obrašten grmljem, onda više ne možemo iz stajališta *A* čitati pripadajuće točke. Zbog toga premjestimo cijevnu razulju u točku *B*. Sada moramo opet najprije čitati »natrag«, kako bismo postigli vezu na prijašnju izmjeru. Nivelacionu letvu postavimo na jednu točku zadnjeg mjerenja, na pr. na točku 14 i odčitamo iz novog stajališta visinu. Recimo na pr. da smo odčitali 1,95. Budući da daljnju slojnicu želimo imati opet za 0,25 višu od prijašnje, moramo na nivelacionoj letvi označiti mjesto za 0,25 niže od našega čitanja »natrag«, t. j. 1,95 — 0,25 = 1,70. Sada opet tražimo sve točke, koje imaju istu visinu; označimo ih kolčićima i izmjerimo njihov položaj prema osnovnoj crti mjerenja *A-B-C-D*. To su točke B 1 .... 6. Spojimo li te točke krivuljom, dobivamo slojnicu + 0,75.

Na taj način izmjerimo cijelo okolno zemljište na obronku; stručno tome kažemo, da smo teren snimili. Taj je posao i dugotrajan i mučan, ali nam ovakva snimka terena pruža osobite prednosti. Možemo ucrtati sve slojnice, koje nam prikazuju visinske odnose zemljišta, pa možemo lako odrediti i ucrtati tok našega put; u slici 42. je označen put s dvije usporedne crtkane crte. Debelo izvučena crta u slici 42., koja spaja točke 2-8-13-10-3, pokazuje mogućnost, da se izvedu stube na najstrmijem mjestu obronka.

Pomoću opisanog načina rada i pomoćnih sprava može sada čitalac izvesti vrlo mnogo različitih vrsta radova oko izmjere svoga zemljišta. Mnogostranom primjenom opisanih radova znatno će se poboljšati vrijednost zemljišta.

SADRŽAJ

	Str.
Uvod - - - - - - - - - - - - - -	3
Osnovni pojmovi - - - - - - - - - -	6
Mjerenje, izračunavanje i crtanje plohe - - -	17
Radovi na brdovitom tlu - - - - - - -	33
Mjerenje dužina na kosom tlu - - - - - -	35
Određivanje visinskih razlika (niveliranje) - -	38
Radovi s križevima za niveliranje - - - - -	46